

날갯짓 초소형 비행체의 유연 날개가 공력 성능에 미치는 영향에 대한 수치적 연구

Numerical Analysis of Effect of Flexible Wing on Aerodynamic Performance of the Flapping Micro Aerial Vehicles

저자 (Authors)	정혜승, 윤상훈, 김종암 Hyeseung Jeong, Sanghoon Yoon, Chongam Kim
출처 (Source)	한국항공우주학회 학술발표회 논문집 , 2016.4, 568-569 (2 pages)
발행처 (Publisher)	한국항공우주학회 The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE07068078
APA Style	정혜승, 윤상훈, 김종암 (2016). 날갯짓 초소형 비행체의 유연 날개가 공력 성능에 미치는 영향에 대한 수치적 연구. 한국항공우주학회 학술발표회 논문집, 568-569.
이용정보 (Accessed)	서울대학교 147.46.118.*** 2017/04/28 12:06 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

날갯짓 초소형 비행체의 유연 날개가 공력 성능에 미치는 영향에 대한 수치적 연구

정혜승^{1*}, 윤상훈², 김종암²
국방과학연구소¹, 서울대학교²

Numerical Analysis of Effect of Flexible Wing on Aerodynamic Performance of the Flapping Micro Aerial Vehicles

Hyeseung Jeong^{1*}, Sanghoon Yoon², Chongam Kim²

초 록

본 논문에서는 수치적 연구를 통해 날갯짓 초소형 비행체의 날개 유연성이 공력 성능에 미치는 영향을 규명하였다. 날갯짓 주위 유동의 강한 비정상성과 날개의 유연성을 고려한 해석을 위해 2차원 유체-구조 연성해석 프로그램을 개발하고 이를 검증하였다. 날갯짓 초소형 비행체의 형상 및 날갯짓 궤적을 모델링하였으며, 강체 날개와 유연 날개에 대해 해석을 수행한 결과 유연 날개의 수직 방향 힘이 강체 날개보다 더 크게 계산되었다. 유동장 분석을 통해, 날개의 유연성으로 인해 advanced rotation이 발생하여 비정상 공력 발생 메커니즘인 ‘wake capture’ 및 ‘rotational circulation’에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, effect of wing flexibility of the Flapping Micro Aerial Vehicles(FMAVs) on aerodynamic performance is studied via numerical analysis. In order to consider strong unsteadiness of flow around flapping wing and structural flexibility of FMAVs' wing, 2-D fluid-structure interaction program is developed and validated. Geometric and kinematic modeling of FMAVs are conducted, and numerical simulation is performed for rigid and flexible wing. Comparison of force coefficient histories shows that vertical force coefficient of flexible wing is larger than that of rigid wing. This is because advanced rotation due to wing flexibility has a positive effect on unsteady force generation mechanism, ‘wake capture’ and ‘rotational circulation’.

Key Words : Flapping Micro Aerial Vehicles(날갯짓 초소형 비행체), Flexible Wing(유연 날개), Fluid-Structure Interaction(유체-구조 연성해석)

1. 서 론

날갯짓 초소형 비행체는 새나 곤충과 같은 비행 생명체의 비행 메커니즘을 모방한 10cm 이하의 작은 무인비행체이다. 크기가 매우 작으면서도 기존 고정익 비행체보다 좋은 공력 특성과 기동성을 지니고 있으므로, 세계적으로 다양한 활용 가능성에 주목하여 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽¹⁾

날갯짓 비행의 충분한 공력 발생 및 뛰어난 기동성을 설명하기 위해 다양한 비정상 공력 메커니즘이 제시되어 왔다. 또한 날개 유연성이 공력 성능을 향상시키는 중요한 요인임이 밝혀졌다.⁽²⁾ 따

라서 날갯짓 초소형 비행체의 공력 성능을 연구하기 위해서는 강한 비정상성과 날개 유연성을 고려한 유체-구조 연성해석이 필수적이다.

본 연구에서는 날갯짓 초소형 비행체의 유연 날개 주위 유동을 유체-구조 연성해석을 통해 분석하여 날개의 유연성이 공력 성능에 미치는 영향에 대해 규명하였다.

2. 본 론

2.1 수치 기법

유체-구조 연성해석 프로그램은 유동과 구조 영역을 독립적으로 해석하는 모듈을 내적 결합 기법을 통해 결합하여 개발되었다.

유동해석 모듈은 arbitrary Lagrangian-Eulerian 프레임워크에서 기술된 2차원 비정상 비압축성 Navier-Stokes 방정식을 적용하였으며, 구조해석 모듈은 co-rotational 기반의 비선형 평면 보 요소를 사용하였다. 경계면에서의 불일치 격자 간 정보전달을 위해 common-refinement 기법을 적용하였으며, 날개의 구조 변형으로 인한 유동 격자 재생성을 위해 delaunay graph mapping 기반의 동적 격자 변형 기법을 적용하였다.

구체적인 수치 기법 및 검증에 대한 내용은 참고문헌 (3,4)에서 확인할 수 있다.

2.2 날개 형상 및 날갯짓 궤적 모델링

Fig. 1. 의 상단 그림은 해석 대상인 날갯짓 초소형 비행체의 형상 및 날갯짓을, 하단 그림은 2차원 날개 형상 및 날갯짓 궤적 모델링을 나타낸다. 날갯짓은 수식 (1)을 날개 앞전에 적용하여 구현하였다. Table 1. 은 해석에 사용된 유동 조건 및 구조 물성치를 나타낸다.

$$x(t) = x_0 \cos(2\pi ft) \quad (1)$$

2.3 해석 결과

Fig. 2. 는 한 날갯짓 주기에 대해 강체 날개와 유연 날개의 공력 계수를 비교한 그래프이다. 파

Table. 2. Conditions and structural properties.

Flapping angle	150°	Young's modulus	70GPa
Frequency	20Hz	Density of structure	2700 kg/m ³
Reynolds number	8654	Mean chord length	25.4mm
Reduced frequency	0.1244	Thickness of flat plate	0.59mm

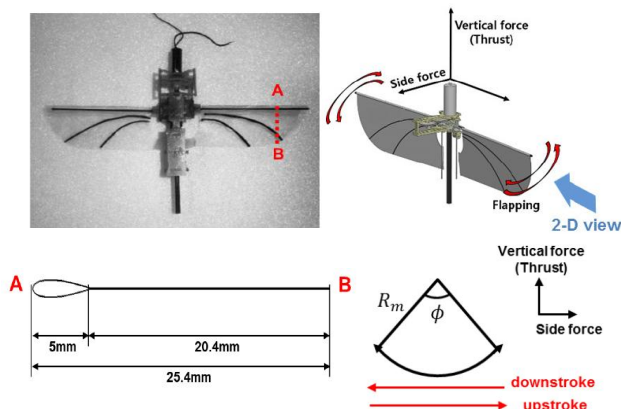


Fig. 1. Geometric and kinematic modeling.

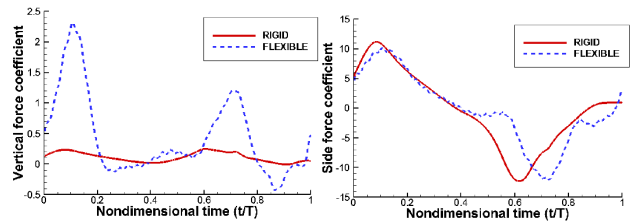


Fig. 2. Comparison of force coefficient histories.

란색 점선으로 표시된 유연 날개의 수직 방향 힘이 강체 날개에 비해 큰 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

유동장 분석을 통해 날개의 유연성이 공력 성능에 미치는 영향을 분석하고, 이를 기존의 비정상 공력 발생 메커니즘과 연관지어 설명한 내용은 발표에 포함시킬 계획이다.

3. 결 론

날갯짓 초소형 비행체의 유연 날개가 공력 성능에 미치는 영향을 규명하기 위해 유연 날개와 강체 날개를 해석하고 이를 비교하였다. 유연 날개의 수직 방향 힘이 더 크게 나타났으며, 유동장을 비교하여 원인을 분석하고 이를 기존의 비정상 공력 발생 메커니즘과 연관지어 설명하였다.

참고문헌

- 1) Shyy, W., Aono, H., S.K., Chimakurthi, Trizila, P., Kang, C.-K., Cesnik, C.E.S., and Liu, H., "Recent Progress in Flapping Wing Aerodynamics and Aeroelasticity," *Progress in Aerospace Sciences*, Vol. 46, No. 7, 2010, pp. 284~327.
- 2) Lee, K.-B., Kim, J.-H., and Kim, C., "Aerodynamic Effects of Structural Flexibility in Two-Dimensional Insect Flapping Flight," *Journal of Aircraft*, Vol. 48, No. 3, 2011, pp. 894~909.
- 3) Jeong, H., Yoon, S., Cho, H., Kim, C., and Shin, S.J., "Development of 2-D Accurate Fluid-Structure Interaction Program for Numerical Analysis of Flapping Micro Aerial Vehicles," *Proceeding of the 2015 KSAS Fall Conference*, 2015.
- 4) Shin, S.J., Cho, H., and Jeon, J.H., "Nonlinear Beam/Shell Analysis for Flapping Wing via Co-rotational Framework," *Proceeding of the KSIAM 2014 Annual conference*, 2014.